Ist die Gleichung wirklich so einfach : Wasser plus organische Stoffe gleich Leben? : Fauchende Dampfkochtöpfe

Autor(en): **Geiger, Hansjürg**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **72 (2014)**

Heft 380

PDF erstellt am: **29.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-897404

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Ist die Gleichung wirklich so einfach:
Wasser plus organische Stoffe gleich Leben?

Fauchende Dampfkochtöpfe

Von Hansjürg Geiger

Die NASA hat sich den Leitspruch «Folge dem Wasser» für die Erforschung unseres Sonnensystems auf die Fahne geschrieben und rechtfertigt mit diesem Motto ihr Programm mit der Suche nach Leben vor unserer kosmischen Haustüre. Die Zwischenbilanz dieser Fahndung sieht gut aus – Wasser wohin die Sensoren der Raumsonden ihre Fühler auch ausstrecken, garniert mit den nötigen organischen Stoffen. Ist es aber wirklich so einfach? Entsteht Leben im Kosmos tatsächlich als Nebenprodukt der Reaktionen von einfachen Grundstoffen? Wo liesse sich diese Vermutung überprüfen? Es scheint, als müssten wir dazu keine fernen Sonnensysteme aufsuchen, denn einige Monde im äusseren Sonnensystem, speziell der Jupitermond Europa, bieten sich für einen Test geradezu an.

Es ist eine meiner frühesten Kindheitserinnerungen. Wir Kinder spielten an einem trüben Tag – es muss Herbst oder Winter gewesen sein – in unserem Zimmer und meine Mutter arbeitete am Kochherd – dachten wir wenigstens. Jedenfalls ertönte plötzlich ein lautes Pfeifen aus der Küche. Verunsichert riefen wir nach unserer Mutter, die nach einiger Zeit aus dem Keller antwortete, sie komme sofort. Zum Glück – wenigstens aus heutiger Sicht – dauerte ihr «sofort» einen kleinen Moment zu lange. Noch bevor sie aus dem Keller hochgestiegen war, gab es in der Küche einen ohrenzerreissenden Knall, gefolgt von bedrohlich tönendem Klirren von Glas, lautem Scheppern und metallisch klingendem Poltern. Die folgende, beängstigende Stille wurde schnell von den entsetzten Schreien unserer Mutter unterbrochen, die völlig aufgelöst in der Küche stand und sich die Bescherung anschaute. Und es sah wirklich dramatisch aus: Die eine Hälfte des Raumes war von einer grünlichen Schicht überzogen, die an einigen Stellen gerade noch erkennbare Reste von Bohnen zeigte. Am Boden und auf der Küchenanrichte lagen überall Scherben und Teile der Einrichtung verstreut. Ich habe keine Ahnung mehr, wie lange die Reinigung dauerte, ich weiss aber heute, dass wir damals alle sehr viel Glück hatten und dass mein tief verwurzelter Respekt vor Dampfkochtöpfen einen sehr triftigen – um nicht zu sagen triefenden – Grund hat.

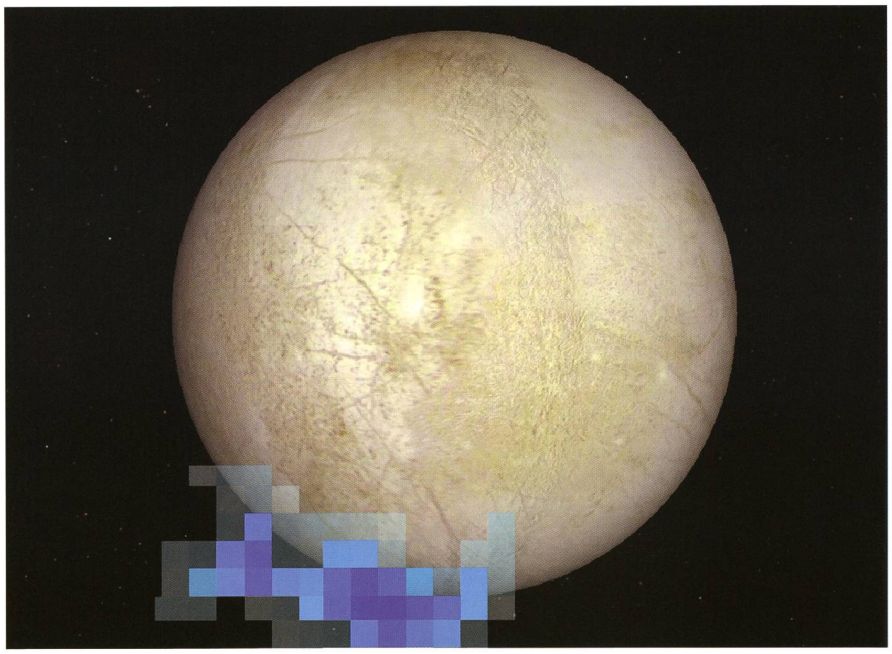


Abbildung 1: Diese Abbildung zeigt den Ort der Wasserdampfwolken über dem Südpol des Jupitermondes Europa. Unterlegt ist ein zusammengesetztes Bild mehrerer Aufnahmen der Voyager- und Galileo-Sonden. Die blauen Quadrate entsprechen den Bildpunkten des Hubble Sensors, der die Wasserdampfwolken aus dem Erdorbit aufgenommen hat. Im Spektrum der Wolke ist Wasser nachweisbar. (Bild: NASA, ESA und L. Roth, Southwest Research Institute und Universität Köln)

> *«Irgendwo wartet irgendetwas Unglaubliches darauf, entdeckt zu werden.»*
>
> *Carl Sagan (zugesprochen, Quelle unklar), Astronom und Lehrer*

Aber Dampfkochtöpfe könnten auch als Modell zur Erklärung der neuesten Beobachtungen am Jupitermond Europa dienen, neben Enceladus und Charon (unsicher) bereits dem dritten Mond im Sonnensys-

tem, an dessen Oberfläche Dampffontänen erspäht worden sind, dieses Mal von den noch immer ultrascharfen «Augen» des Hubble Teleskops.

Alte Hinweise

Eigentlich begann die Entdeckungsgeschichte der Vorgänge in und um den Jupitermond Europa so richtig 1979, als die Sonden Voyager 1 und 2 auf ihrer Reise in die Tiefen des Weltalls auch in das Jupitersystem vorstiessen. Abgesehen von einigen unscharfen Aufnahmen der Pioneer-Sonden wussten die Wissenschaftler bis damals über die zahlreichen Jupitermonden eigentlich nicht viel mehr, als was auch in einem kleinen Amateurteleskop zu entdecken war: Es sind Himmelskörper – erkennbar als winzige Lichtpunkte – auf regelmässigen Umlaufbahnen um den Riesenplaneten. Aber das war fast 370 Jahre vorher auch schon Galileo Galilei bekannt gewesen. Natürlich vermuteten die Astronomen, diese Monde müssten eisige Welten sein und wegen der geringen mittleren Dichte auch grosse Anteile von Wassereis besitzen. Und es war auch bekannt, dass einige von den Monden des Jupiters vermutlich nicht mit dem Planeten selbst entstanden waren, sondern später eingefangen worden sind. Dafür sprachen die teilweise extremen Neigungen der Umlaufbahnen gegen die Äquatorebene des Jupiters und bei einigen Monden auch ihre rückläufige Bewegung. Der Konsens unter den Astronomen aber war, diese Monde seien absolut tote Himmelskörper und hätten deshalb ausser einigen spektakulären Landschaften wohl kaum viel zu bieten.

Als sich aber im Januar 1979 Voyager 1 und später im April 1979 auch Voyager 2 dem Jupiter langsam auf Fotodistanz näherte und die ersten Aufnahmen der Monde die Kontrolleure in Passadena erreichten, blieb den Forschern wohl einige Male der Mund einfach offen – zu verblüffend war das, was ihnen die Aufnahmen von den fernen Weiten unseres Sonnensystems offenbarten. Eines war fast sofort klar; die Jupitermonde waren keineswegs langweilige vereiste Himmelskörper, sondern zeigten zumindest im Falle von Io mit seinem Vulkanismus eine völlig überraschende geologische Aktivität. Ein anderer der vier galileischen Monde aber weckte die Aufmerksamkeit der Wissenschaftler in noch ganz anderem Ausmasse: Europa!

Abbildung 2: Historische Aufnahme von Europa durch Voyager 2. Die Aufnahme entstand bei der grössten Annäherung der Sonde an den Mond und zeigte erstmals die zahllosen Linien im Eis. (Bild: NASA, Voyager 2)

Der Mond zeigte eine riesige Zahl von Bruchlinien, aber kaum die erwarteten Einschlagkrater. Zudem war er auffällig hell und fast völlig ohne jede grössere Erhebung. Ja, einige Gebiete erschienen so glatt wie eine frisch polierte Curlingbahn, während andere wie von einem gewaltigen Eispickel zerhackt aussahen. Einzig einige elliptisch geformte, kuppelartige Hügel von wenigen hundert Metern Höhe überragten das umliegende Gelände. All dies konnte eigentlich nur bedeuten, dass die Oberfläche von Europa sehr jung sein musste und über geologische Zeitspannen hinweg ständig erneuert wurde.

Wie aber war so etwas möglich? Welche Kräfte, welche Prozesse könnten Europas Kruste in Bewegung halten? In der riesigen Distanz zur Sonne müsste der kleine Mond doch eigentlich vollständig durchgefroren sein! Was war da los?

Schnell keimte den Astronomen ein Verdacht. Die Bruchlinien nämlich waren nicht einfach zufällig verteilt, sondern zeigten Muster, die stark an driftende Eisschollen in den polaren Meeren unserer Erde erinnerten. Eine solche, gleitende Bewegung war aber nur dann möglich, wenn sich unter der Oberfläche des Mondes eine Flüssigkeit verbarg, quasi ein Schmiermittel, auf welchem sich das Eis verschieben konnte.

Überfrorener Ozean

Tatsächlich bestätigte die genaue Analyse der hochauflösenden Aufnahmen der Galileo-Raumsonde ab 1995 diesen Verdacht. In den jüngeren, helleren und kraterarmen Gebieten, zeigt die Oberfläche ein Muster, welches für Eisfelder zu erwarten ist, die unter Gezeitenkräften aufbrechen. In den älteren, dunkleren Regionen hingegen entspricht das Muster nicht den Erwartungen, was mit einer leicht schnelleren Bewegung der Oberfläche im Vergleich zu den inneren Zonen des Trabanten erklärt werden kann. Wenn nun aber die Oberfläche und

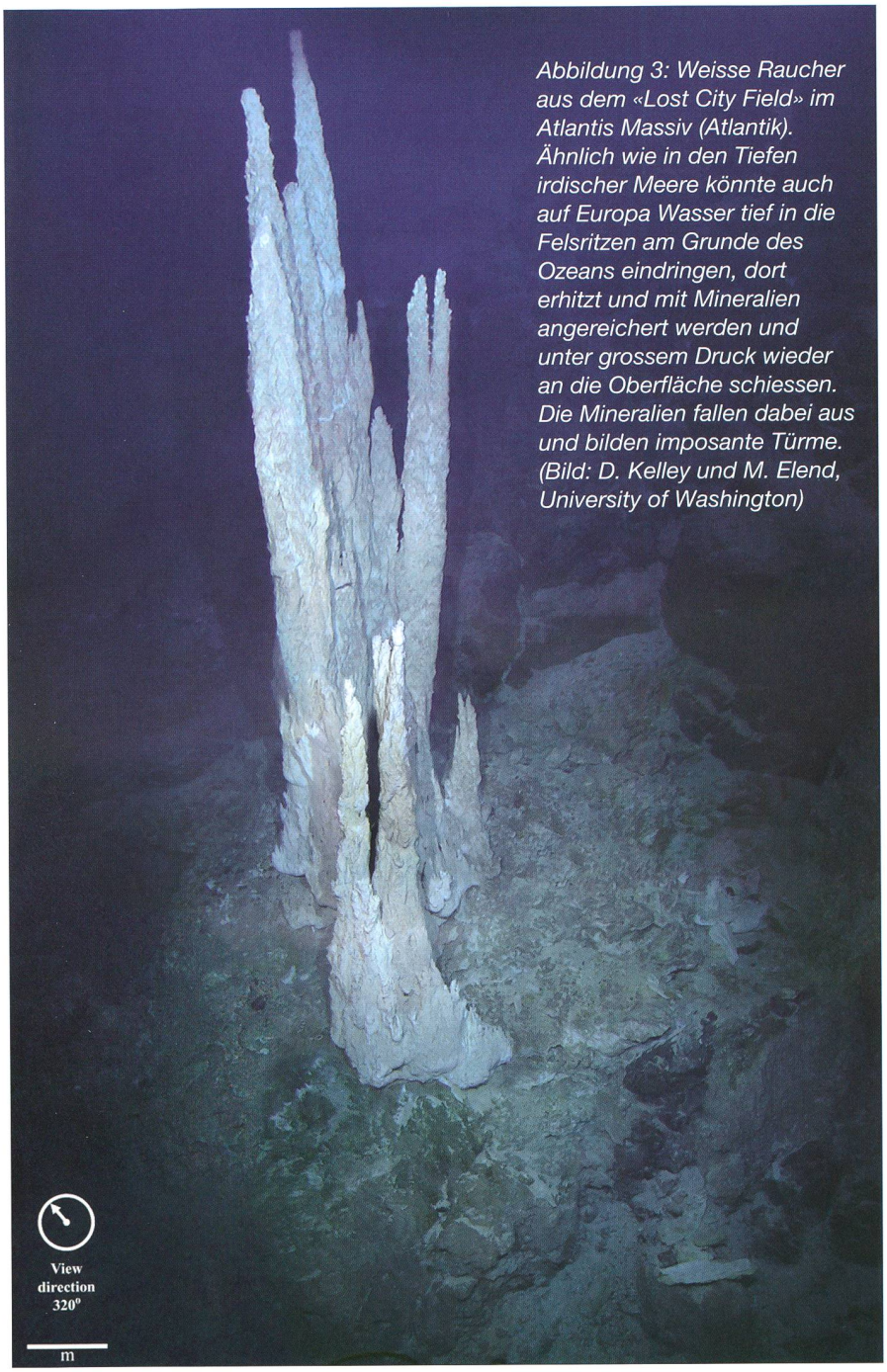
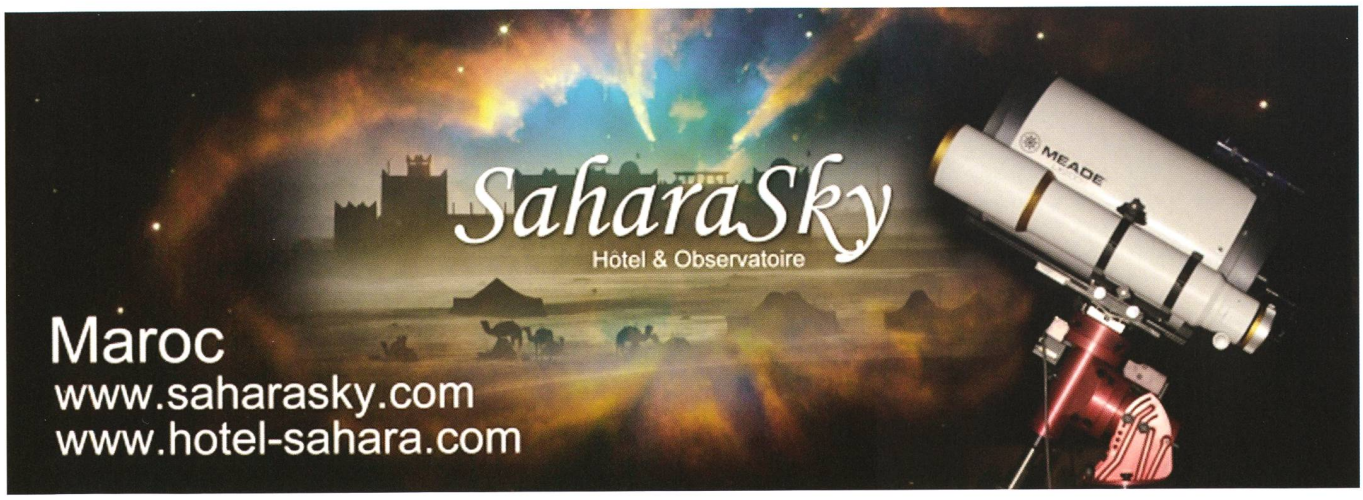


Abbildung 3: Weisse Raucher aus dem «Lost City Field» im Atlantis Massiv (Atlantik). Ähnlich wie in den Tiefen irdischer Meere könnte auch auf Europa Wasser tief in die Felsritzen am Grunde des Ozeans eindringen, dort erhitzt und mit Mineralien angereichert werden und unter grossem Druck wieder an die Oberfläche schiessen. Die Mineralien fallen dabei aus und bilden imposante Türme. (Bild: D. Kelley und M. Elend, University of Washington)

der Kern in ihrer Bewegung tatsächlich entkoppelt sein sollten, so kann dies eigentlich nur durch einen unter dem Eis verborgenen Ozean aus flüssigem Wasser erklärt werden. Aber was für ein gewaltiger Ozean dies sein musste! Als die Astronomen nämlich realisierten, dass Europa zu einem wesentlichen Teil aus Wasser bestand, entwickelten sie Modellrechnungen, die alle sehr schnell in nur eine Richtung deuteten. Unter einer Eiskruste von 10 bis 15 km Dicke musste ein 80 bis 100 km tiefer Mantel aus flüssigem Wasser verborgen sein! Europas Ozean enthielt damit mindestens doppelt soviel Wasser, wie alle irdischen Gewässer zusammengerechnet!

Ebenso schnell war aus den Modellrechnungen auch klar, woher die nötige Wärme stammt, die das Wasser flüssig hält. Dies besorgen einerseits die Gezeitenkräfte des nahen Riesenplaneten, welche die Oberfläche des Trabanten auf dessen elliptischer Bahn um bis zu 30 m anhebt und wieder sinken lässt. Die gleichen Kräfte bewegen auch den metallischen Kern, verformen die darüber liegende Felsschicht und lassen sie aufreissen. Bei jedem Umlauf des Mondes verschieben sich deshalb die Gesteinsschichten gegeneinander, reiben sich aneinander und setzen so Wärme frei – quasi die Herdplatte unter dem himmlischen Dampfkochtopf. Und andererseits erwärmt auch der gewaltige Druck der Eismassen die untersten Eisschichten und lässt sie schmelzen. Aber war das alles? Genügte dieses einfache Modell zur Erklärung der zerrissenen Eisoberfläche? War es schlicht aufsteigendes, warmes Wasser, welches die von Galileo so



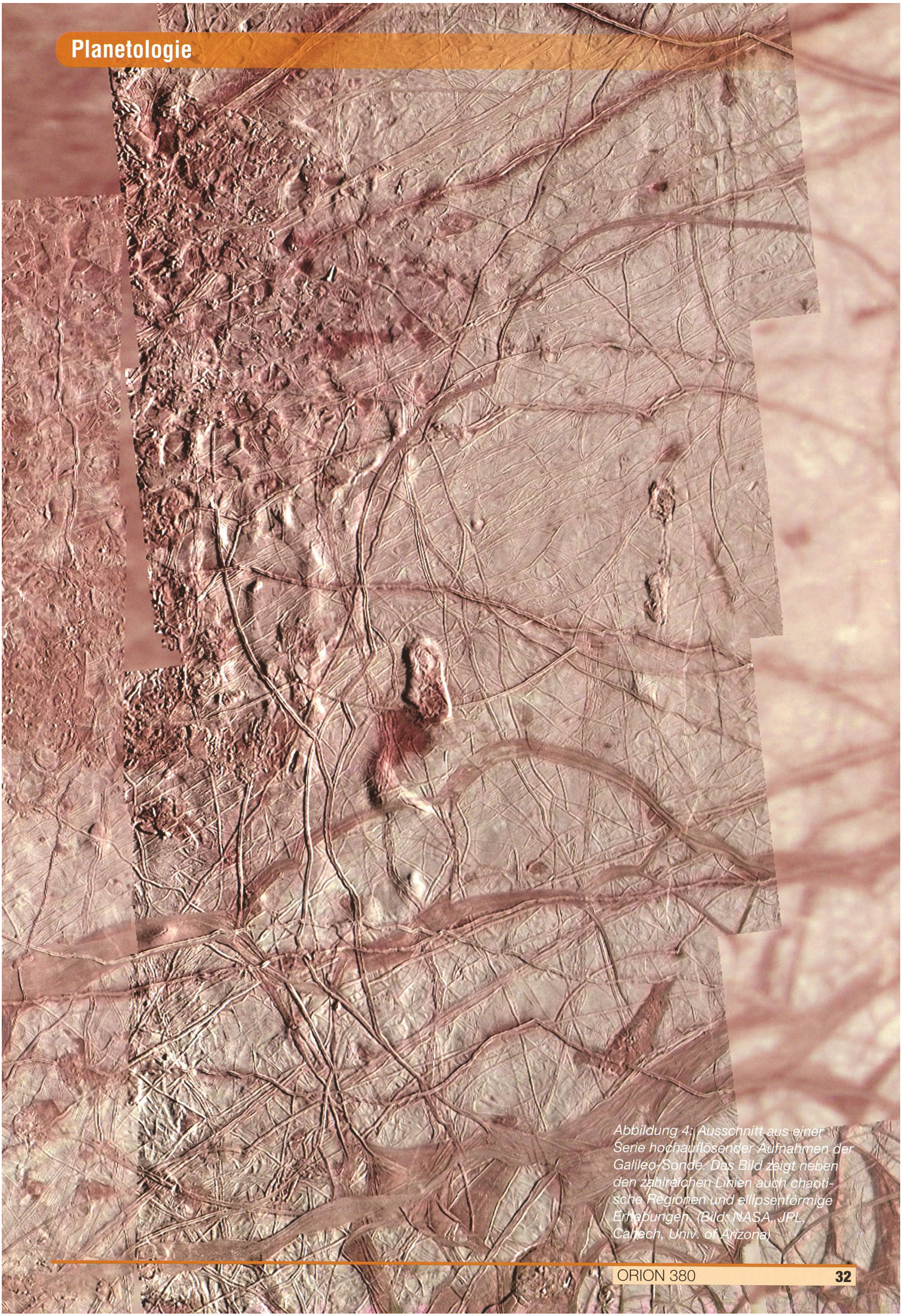


Abbildung 4: Ausschnitt aus einer Serie hochauflösender Aufnahmen der Galileo-Sonde. Das Bild zeigt neben den zahlreichen Linien auch chaotische Regionen und ellipsenförmige Erhebungen. (Bild: NASA, JPL, Caltech, Univ. of Arizona)

« Europa ist der Ort, der mich am meisten an die Erde erinnert. »

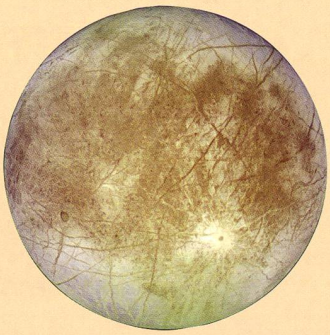
Britney Schmidt, University of Texas, Austin

detailliert fotografierten Eisformationen entstehen liess?

«Emmentaler-Eis»

Es waren solche Fragen, die Britney Schmidt von der University of Texas in Austin veranlassten, Europas Eiskruste genauer zu analysieren. Frau Schmidt störte sich an den chaotischen Geländeformationen und den Eisdomen, welche sich kaum durch das soeben skizzierte Modell erklären liessen. Und je länger die Wissenschaftlerin über den Aufnahmen der Galileo-Sonde brütete, desto mehr reifte in ihr der Verdacht, dass die Erklärung der Eisformationen tatsächlich komplexer sein musste, als ihre Kollegen bis dahin vermutet hatten.
Wo aber konnte sie die gesuchten Antworten auf ihre Fragen finden? Richtig, es gibt ja auch auf unserem Planeten Eis in gewaltiger Menge und darin jede Menge Bruchlinien. Und tatsächlich, nach einem Besuch in der Antarktis gelang es Britney Schmidt ein neues Modell für Europa zu entwickeln, welches die seltsamen Strukturen in seinem Eis erklären kann. Nach ihrem Modell müssen sich unter der Oberfläche des Mondes riesige, vom Eis umschlossene Hohlräume mit flüssigem Wasser befinden. Das Eis des Mondes ist also nach ihrem Modell keine durchgehende, kompakte Masse, sondern löchrig wie Emmentaler Käse. Ähnliche Strukturen in der Antarktis lassen ihr Wasser durch Risse nach unten entweichen, wo es wieder gefriert. Auf Europa aber ist die Eisschicht unter den Kavernen zu dick. Dafür wird das relativ warme Wasser durch die Gezeitenrisse nach oben gepresst, gefriert dort, dehnt sich dabei aus, drückt die darüber liegenden Eisschichten mit gewaltiger Kraft Richtung Oberfläche und zwingt die umliegenden, kälteren Eismassen dazu, nach unten auszuweichen. Dabei formt das Wechselspiel zwischen Wasser und Eis die nach oben ragenden domartigen Strukturen und die chaotischen Regionen mit dem zerhackten Eis.
Die kürzlich mit Hubble nachgewiesenen Fontänen aus Wasserdampf über Europas Südpol (vgl. Abb. 1) bestätigen nun das Modell von Frau Schmidt. Offensichtlich gelangt dort Wasser unter hohem Druck aus den Wasserkavernen bis zur Oberfläche und entweicht in den beobachteten Geysiren, ähnlich dem Wasserdampf aus dem Ventil eines Dampfkochtopfs.

Eckdaten zu Jupitermond Europa



Mittlerer Durchmesser	3121.6 km
Masse	4.80×10^{22} kg
Mittlere Dichte	3.01 g/cm³
Umlaufzeit	3.551 Tage
Bahnneigung	0.470°
Grosse Halbachse	670'900 km
Siderische Rotation	3.551 Tage
Achsneigung	0°
Scheinbare Helligkeit	5.3^{mag}
Oberflächentemperatur	50 - 125 K
Datum der Entdeckung	7. Januar 1610
Entdecker	Galileo Galilei

Europa wurde zusammen mit den anderen grossen drei Jupitertrabanten im Jahre 1610 durch den italienischen Astronomen Galileo Galilei entdeckt. Der deutsche Mathematiker und Astronom Simon Mayr war ein Zeitgenosse Galileis und setzte wie dieser das Fernrohr für astronomische Beobachtungen ein. Er war es auch, der den Namen «Europa» (nach einer Geliebten des Zeus) vorschlug. Allerdings wurde der Name erst Mitte des 20. Jahrhunderts offiziell anerkannt.

Spielwiese für schleimige Aliens?

Wenn nun aber auf Europa tatsächlich ein Austausch von Eis zwischen den tieferen Schichten und der Oberfläche stattfindet, so ist dies für die Astrobiologen eine absolute Top-Neuigkeit. Denn damit gewinnen die auf der Oberfläche in grosser Menge vorhandenen Schwefelverbindungen – die vermutlich von den Vulkanen auf Io stammen – eine neue Bedeutung. Dank dem neu entwickelten Modell eines dynamischen Austausches zwischen der Oberfläche und dem darunter liegenden Ozean könnten diese chemischen Verbindungen auch die unteren Schichten des Eispanzers erreichen und dort möglicherweise vorhandenen bakterienähnlichen Lebewesen als Energiequelle dienen, ähnlich der Lebensweise irdischer «Schwefelbakterien». Hypothetische Europa-Bakterien würden nach dieser Vorstellung von den Vulkanen auf Io ernährt.
Die Chance, auf Europa fremdes Leben zu finden, hat sich also weiter verbessert und macht den Jupitermond zur absoluten Top-Destination auf der Suche nach Aliens in unserem Sonnensystem. Leider hat die NASA eine Mission zu den Jupitermonden gestrichen und die ESA-Sonde JUICE wird erst im Januar 2030 im Jupitersystem ankommen, wenn sie 2022 tatsächlich startet. Frau Schmidt und wir alle müssen uns also noch lange gedulden, bis uns neue, präzisere Daten von Europa erreichen und zeigen, ob Arthur C. Clarke in seinem Roman «2010», in welchem die Besatzung der «Leonov» Leben auf Europa entdeckt, ins Schwarze getroffen hat. Die definitive Antwort wird allerdings wohl erst eine Landemission liefern können, die leider noch in fernster Zukunft liegt.

Dr. habil. Hansjürg Geiger
Kirchweg 1
CH-4532 Feldbrunnen
hj.geiger@mac.com
www.astrobiologie.ch